

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ALINE MORSOLETTTO

**ANÁLISE DO USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA DE UM EDIFÍCIO
COMERCIAL NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS**

**FLORIANÓPOLIS
2016**

ALINE MORSOLETTO

**ANÁLISE DO USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA DE UM EDIFÍCIO
COMERCIAL NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Fernando Simon Westphal, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS,
2016

ALINE MORSOLETO

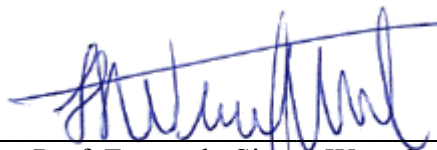
**ANÁLISE DO USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA DE UM EDIFÍCIO
COMERCIAL NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 31 de agosto de 2016.

Prof.^a. Lia Caetano de Bastos
Coordenadora de TCC
Universidade Federal de Santa Catarina

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Fernando Simon Westphal, Dr
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Cristine do Nascimento Mutti, Ph. D
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Márcio Zapelini Orofino
ENE Consultores Ltda

FLORIANÓPOLIS
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Morsoletto, Aline

Análise do uso final de energia elétrica de um edifício
comercial na cidade de Florianópolis / Aline Morsoletto ;
orientador, Fernando Simon Westphal - Florianópolis, SC,
2016.

59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Eficiência Energética. 3.
Consumo de energia elétrica. 4. Edifício comercial. I.
Westphal, Fernando Simon. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelos desafios e oportunidades apresentados a mim.

Aos meus pais, Valdemar e Maria Helena, por sempre investirem em meus estudos e por todo apoio dado nas minhas decisões.

Ao meu namorado, Adriano, pelos incansáveis conselhos e por toda paciência e compreensão oferecidas ao longo deste trabalho.

Ao meu irmão, Fernando, pelos ensinamentos técnicos desde a tabuada até o presente trabalho.

À minha irmã e cunhado, Adriana e Diego, pela ajuda.

À minha amiga, Marina Souza, por estar do meu lado fazendo possível a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Fernando Simon Westphal, por ter acreditado e me incentivado com seu entusiasmo pelo tema.

Aos funcionários do condomínio, em particular ao zelador Michel, pela disponibilidade e dedicação ao responder todas minhas perguntas nas visitas técnicas.

À todas as pessoas que acreditaram e me apoiaram para que fosse possível a conclusão do curso de Engenharia Civil.

RESUMO

O consumo de energia elétrica tem aumentado nos últimos 20 anos, principalmente no setor comercial. Novas necessidades fizeram crescer o uso de equipamentos de diferentes tipos e utilidades. Com o aumento do consumo e das crises do petróleo e hídrica, teve início a crise energética, fazendo crescer o custo de energia elétrica, o que obrigou os governantes e a população a começarem a buscar pela eficiência energética e estratégias para diminuir o consumo de energia, como estudos de retrofit. Os retrofits, nesse assunto, são reformas no sistema elétrico para diminuir o consumo de energia. O objetivo deste trabalho é, portanto, avaliar o potencial de retrofit de um edifício comercial, localizado em Florianópolis –SC. O condomínio possui dois blocos, com 12 pavimentos cada, ligados por meio do pavimento térreo, onde fica localizada a praça de alimentação. Possui 4 pavimentos destinados a garagem. Para realizar o estudo, foram feitas visitas técnicas, catalogação de equipamentos e medições dos principais sistemas (CAG, elevador, exaustor e quadros de distribuição). Foram obtidos dados de consumo diários de uma semana destes equipamentos, que foram úteis para fazer as curvas de cargas e conhecer as rotinas de uso de cada aparelho. Com os consumos medidos, foi possível a análise do uso final anual de todo o sistema, o que demonstrou que os dois maiores consumidores de energia eram o Chiller com 20,21% e a Iluminação + Fan-coils com 17,09%. Mediante a esses dados, foi possível sugerir mudanças nos sistemas, encontrando o potencial de economia de energia para o retrofit do sistema elétrico.

PALAVRAS CHAVE: Uso final de energia, Eficiência Energética, Consumo energia elétrica, Edifício Comercial.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- CRESCIMENTO DO CONSUMO NO BRASIL ENTRE 1995 E 2014.....	14
FIGURA 2 - USO FINAL DE ENERGIA DO CONDOMÍNIO.....	16
FIGURA 3- MEDIDOR DE CORRENTE E DATA LOGGER.....	23
FIGURA 4 – MULTÍMETRO.....	24
FIGURA 5 – FACHADA DO EMPREENDIMENTO ANALISADO.....	25
FIGURA 6 – CHILLER E MOTO BOMBA.....	26
FIGURA 7 – AR-CONDICIONADO NA CASA DE MÁQUINAS- BLOCO B.....	27
FIGURA 8 – PRECIPITADOR HIDRODINÂMICO (EXAUSTOR) TÉRREO.....	27
FIGURA 9 – ILUMINAÇÃO PAVIMENTO TÉRREO.....	29
FIGURA 10- REPRESENTATIVIDADE DAS FATURAS.....	31
FIGURA 11 – CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA E TEMPERATURAS MÁXIMA E MÍNIMA MENSAL.....	32
FIGURA 12 – QUADRO ELÉTRICO DO CHILLER.....	36
FIGURA 13- MEDIÇÃO SALA DE MÁQUINAS – BLOCO B.....	38
FIGURA 14 – CURVA DE CARGA TÍPICA ELEVADOR 1 –BLOCO A.....	38
FIGURA 15 – CURVA DE CARGA TÍPICA ELEVADOR 2 –BLOCO B.....	39
FIGURA 16 – QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO TÉRREO COM OS MEDIDORES.....	41
FIGURA 17 – QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO SUBSOLO 2 E EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO.....	42
FIGURA 18 – USO FINAL ANUAL CONDOMÍNIO.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- ACRÉSCIMO BANDEIRAS TARIFÁRIAS	18
TABELA 2- SUBGRUPOS DO AGRUPAMENTO A	19
TABELA 3 - SUBGRUPOS DO AGRUPAMENTO B	20
TABELA 4- TARIFAS APLICADAS EM CADA MODALIDADE HORO-SAZONAL.....	20
TABELA 5- HISTÓRICO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA	30
TABELA 6- CUSTO MENSAL DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	32
TABELA 7- CARGAS CONDOMINIAIS	34
TABELA 8 – CARGAS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	35
TABELA 9- LISTA DE LÂMPADAS QUEIMADAS.....	36
TABELA 10 – CONSUMO CHILLER E MOTO BOMBA	37
TABELA 11- CONSUMO ELEVADORES BLOCO A	39
TABELA 12 - CONSUMO ELEVADORES BLOCO B	39
TABELA 13- CONSUMO EXAUSTOR.....	40
TABELA 14- CONSUMO QUADRO TÉRREO	41
TABELA 15- CONSUMO QUADRO SUBSOLO 2.....	43
TABELA 16- CONSUMO QUADRO SUBSOLO 1	43

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus célsius
A	Ampere
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAG	Central de Água Gelada
CD	Condomínio
CELESC	Centrais elétricas de Santa Catarina
CO	Monóxido de carbono
D _{ULTRAPASSAGEM}	Demanda de potência ativa em reais
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FEESC	Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina
FIESC	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
FP	Fator de potência
GWh	Giga-watts-hora
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
kV	Quilovolts
kVA	Quilovolt amperes
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
LED	Light Emitting Diode - Diodo Emissor de Luz
lm/W	Lumens por watts
PAC	Demanda de potência ativa contratada em kW
PAM	Demanda de potência ativa medida em kW
PNE 2030	Programa Nacional de Energia 2030
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SGT	Superintendência de Gestão Tarifária
SPR	Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos
TI	Tecnologia da Informação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
V	Volts
VR _{DULT}	Valor referência equivalente às tarifas de demanda de potência

W

Watts

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS.....	9
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	14
2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	14
2.3 USO FINAL	15
2.4 ESTUDOS DE RETROFIT	16
2.4.1 Metodologia.....	16
2.4.2 Potencial de redução do consumo	17
2.5 TARIFICAÇÃO DE ENERGIA	17
2.5.1 Definições importantes	18
2.5.2 Classificação das unidades consumidoras	19
2.5.3 Modalidades tarifárias	20
2.5.4 Fator de potência	20
2.5.5 Opções de faturamento	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA	22
3.2 CATALOGAÇÃO DAS CARGAS CONDOMINIAIS.....	22
3.3 FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS	22
3.4 MEDIÇÕES.....	23
3.4.1 Equipamentos de Medição.....	23
3.4.2 Rotina de Medição.....	24
4 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ANALISADO.....	25
4.1 ESTRUTURA FÍSICA.....	25
4.2 SISTEMA ELÉTRICO	26
4.2.1 Climatização	26
4.2.2 Elevadores	28
4.2.3 Bombas d' água	28
4.2.4 Iluminação	28

5	RESULTADOS	30
5.1	ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA	30
5.1.1	Excedente de potência reativa	33
5.2	CARGAS CONDOMINIAIS	33
5.2.1	Ares-condicionados	34
5.2.2	Sistema de iluminação	35
5.3	ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DOS CIRCUITOS	36
5.3.1	Chiller e Moto Bomba	36
5.3.2	Elevadores	37
5.3.3	Exaustor (Precipitador hidrodinâmico)	40
5.3.4	Quadro de distribuição Térreo	40
5.3.5	Quadro de distribuição Subsolo 2 – Bloco A	42
5.3.6	Quadro de distribuição Subsolo 1 – Bloco A	43
5.4	USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA	43
6	CONCLUSÕES.....	45
6.1	CONCLUSÕES GERAIS	45
6.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	46
6.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
7	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICE A - CURVA DE CARGA DO CHILLER.....	1
	APÊNDICE B - CURVA DE CARGA DA MOTO BOMBA	3
	APÊNDICE C - CURVA DE CARGA DO EXAUSTOR TÉRREO	5
	ANEXO 1 – TARIFAS CELESC AGOSTO 2015 /AGOSTO 2016.....	1

1 INTRODUÇÃO

O aumento no consumo de energia elétrica está ligado à evolução da humanidade. Ficar sem fornecimento de eletricidade, atualmente, significa perdas para a economia do país.

Em Brasil (2001), foi afetado por uma crise energética, mediante a este fato, o governo Federal criou a Lei nº10.295 que elabora a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica, conhecida como lei da eficiência energética. Esta estabelece os níveis máximos de consumo de energia e mínimos para eficiência energética em equipamentos consumidores de energia e edificações construídas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

Mais recentemente, em 2014, iniciou a maior crise hídrica vivenciada pelo estado de São Paulo, desde 1930 (SPR, 2015). A escassez de chuva forçou os brasileiros a praticarem e repensarem no racionamento de água e por consequência, na economia de energia elétrica, já que 61% da energia gerada no Brasil provém de hidrelétricas (BIG, 2016).

Nas buscas por eficiência energética e redução do consumo de energia elétrica, os profissionais da área de engenharia e arquitetura iniciaram estudos de reformas no sistema elétrico de edificações já construídas e com baixa eficiência energética, conhecido como retrofit do sistema elétrico.

Os estudos de retrofit analisam detalhadamente os sistemas elétricos, por meio de medições de propriedades elétricas, visitas técnicas e catalogação de equipamentos, para que seja possível um resultado fiel e personalizado da edificação avaliada em questão (LAMBERTS et al, 1997).

Porém, na maioria dos estudos catalogados em que foram realizados retrofits em edifícios comerciais, são aplicadas estratégias que reduziram o consumo de energia elétrica nos sistemas em que mais se demanda energia, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.

Nos empreendimentos comerciais existem diferentes tipos de demandas que estão relacionadas às atividades realizadas pelo condomínio. Ultimamente tem crescido a demanda destinada as cargas condominiais principalmente pela adoção de praças de alimentação que atraem usuários de fora da edificação, por todo horário comercial. A dicotomia das funções no condomínio faz ser de extrema importância o estudo detalhado e personalizado sobre cada caso.

No presente trabalho, o estudo pré-retrofit detalha as cargas condominiais de um edifício comercial, esmiúça o consumo até onde os recursos e o sistema conseguem. Relata as

dificuldades e necessidades para se realizar uma auditoria energética, localiza os equipamentos com maiores potenciais de economia de energia e relata os possíveis gastos desnecessários.

1.1 JUSTIFICATIVA

Em meio às crises hídrica, energética e financeira, cresce no Brasil o interesse em redução no consumo de energia elétrica e a aplicabilidade na eficiência energética em edifícios já existentes.

A crescente busca por edificações mais eficientes, com menor desperdício de energia, atenta aos profissionais da área a executarem retrofits no sistema elétrico das construções. Porém para ser possível a realização de modificações nas edificações, sem prejudicar o conforto do usuário, são necessários estudos detalhados para cada tipo de atividade exercida.

Este trabalho prático visa entender o caminho necessário para a aplicação de retrofit em edificações comerciais, que mostram grande variedade nas cargas condominiais e que atualmente apresentam aumento nas atividades relacionadas ao público, como praças de alimentação, que atuam significativamente no consumo do condomínio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar o uso final de energia elétrica de um edifício comercial com elevadas cargas pertencentes ao condomínio, verificando possíveis escapes de energia.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar a curva de carga de cada equipamento medido;
- b) Reconhecer padrões de acionamento de uso de todos os sistemas elétricos listados;
- c) Identificar quantidade de consumo de energia por dia, semana, mês e por ano de todos os equipamentos;
- d) Identificar quantidade de consumo de energia, do sistema de condicionamento de ar, para os meses quentes e frios.

- e) Determinar o uso final de energia no empreendimento analisado;
- f) Apresentar cargas com potencial de economia de energia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2014), nos últimos 20 anos, o consumo de energia elétrica no Brasil mais que duplicou. Só entre 2004 e 2014 os dados registraram um aumento de 143.685,73 GWh, o que equivale a mais de 40% de crescimento. Este crescimento pode ser analisado na Figura 1.

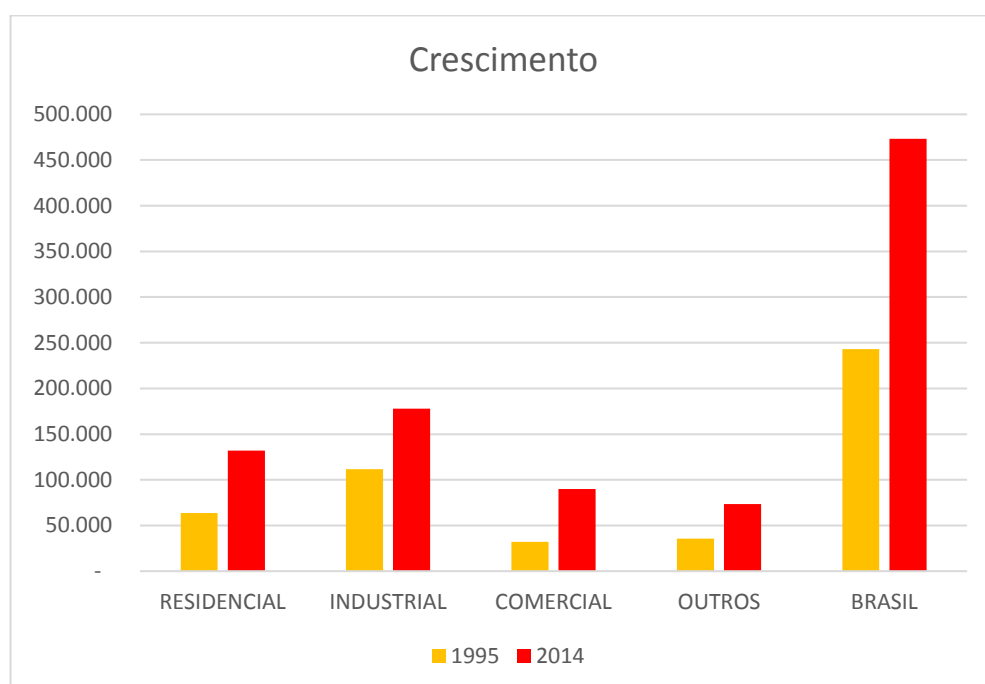


Figura 1- Crescimento do consumo no Brasil entre 1995 e 2014
Fonte: EPE (2014).

Apenas o setor comercial consumiu, em 2014, 18,97% da energia elétrica gerada no Brasil. O setor foi o que mais cresceu percentualmente em 20 anos, passou de 32.596 GWh para 89.819 GWh (EPE, 2014).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em decorrência à crise do petróleo de 1973 e ao aumento populacional da década seguinte, surgiu a necessidade de pesquisar e utilizar novas fontes de energia, porém as novas tecnologias causavam danos ao meio ambiente, à população e aos cofres públicos. Apareceu então a conveniência em começar a pensar na eficiência energética, visto que é mais rentável economizar energia do que a produzir (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

Tornar as edificações mais eficientes gera menores impactos no ecossistema, diminui os gastos de água, produz menos poluição como a emissão de gases causadores do efeito estufa. A eficiência energética faz com que a energia produzida seja melhor utilizada e os recursos que iriam ser gastos para a geração da energia excedente, sejam empregados em benefícios para a sociedade (SERAFIN, 2010).

Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de energia, ABESCO (2016), o Brasil desperdiça mais de 53.000 GW/h por ano, o equivalente a mais de 60% da energia gerada em um ano na usina hidrelétrica de Itaipu (PR).

2.3 USO FINAL

Existe uma grande dificuldade em estimar o uso final das cargas no setor comercial, devido à grande variedade na utilização dos edifícios, dependendo muito dos tipos de equipamentos instalados e necessários para a realização das atividades (EPE, 2007). Porém é de extrema importância o conhecimento do uso final da eletricidade para a avaliação do potencial de retrofits nos sistemas (GHISI, 1997).

Estudos em que foram analisados o uso final do consumo de edifícios comerciais, dividem a demanda em três categorias: ar condicionado, iluminação e outros. Tanto para Westphal et al. (1998), quanto para Serafin (2010), a maior demanda de energia elétrica em edifícios comerciais ou públicos, também está no condicionamento de ar e na iluminação artificial. O que também foi constatado por Toledo (1997), que calculou especificamente os edifícios de escritórios localizados na cidade de Florianópolis, e estimou uma média anual de consumo de 42% para o condicionamento de ar e 35% destinado à iluminação.

Nos relatórios do ELETROBRÁS (2007b), estimou-se gastos de 47% em ar condicionado, 22% em iluminação artificial e 31% qualificados em Outros.

Por meio de uma auditoria energética a ENE (2015), pode-se descrever com maior detalhe e precisão o uso final das cargas de energia elétrica do condomínio de um edifício comercial na cidade de Florianópolis, como mostrado na Figura 2.

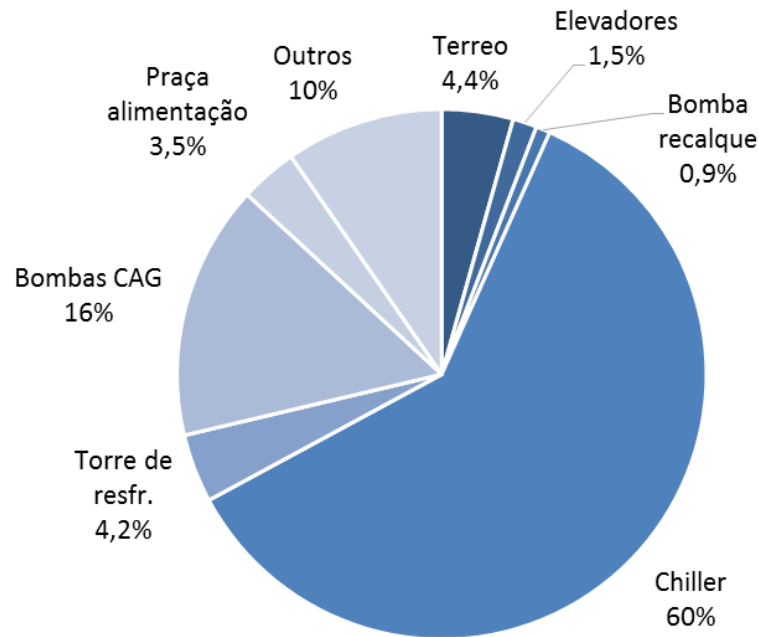


Figura 2 - Uso final de energia do condomínio
Fonte: ENE (2015)

2.4 ESTUDOS DE RETROFIT

Retrofit, no âmbito da eficiência energética, significa uma revisão no sistema elétricos da edificação, com o intuito de conservação e redução do consumo de energia elétrica, sem prejudicar o conforto do usuário (GHISI, 1997).

2.4.1 Metodologia

Para se obter dados exatos do consumo de cada equipamento, seria ideal fazer o acompanhamento ao longo de um ano de seu funcionamento, mas essa abordagem demandaria elevada quantidade de recursos humanos e materiais, gerando maiores custos à análise. Geralmente, adota-se o método por amostras de medições, de um período suficiente para a determinação do uso final de cada equipamento (MOREIRA; GHISI, 2011).

Para fazer a escolha do método em que irá ser executada uma auditoria energética, é inevitável a avaliação de importantes fatores: tempo disponível para as medições, o orçamento acessível e o grau de precisão esperado (FREIRE, 2001).

Lamberts et al. (1997), propuseram uma metodologia para o estudo de retrofit:

I.Descrição da edificação;

II.Dados de rotina de ocupação e funcionamento de equipamentos;

III. Medições de consumo de energia por uso final;

IV. Histórico de faturas de energia elétrica;

V. Histórico de memória de massa;

Esses dados são coletados por meio de visitas ao prédio e estudo dos projetos executivos.

2.4.2 Potencial de redução do consumo

O potencial de redução de consumo de energia elétrica nas edificações comerciais pode chegar a 40%, com retorno máximo de 3 anos (INEE, 1997).

Nascimento e Barbosa (2009) atestaram que as variáveis de uso e ocupação de edifícios de escritórios, tem mais potencial de reduzir o consumo de energia, do que as variáveis construtivas (tipo de vidro, porcentagem de janela, transmitância, absorvância, sombreamento das aberturas e forma da planta), atingindo até 30% de demanda reduzida.

No Quadro 1 abaixo, são apresentados estudos de casos realizados em edifícios de escritórios e prédios institucionais, localizados em Florianópolis.

Quadro 1- Estudos de Caso de retrofit

Edifício Sede Eletrosul	28%	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de iluminação ● Sistema de refrigeração 	LAMBERTS et al., 1997
Centro Tecnológico/Ufsc	42%	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de iluminação 	GHISI, 1997
Edifício Sede FIESC	31,8% a 42,7%.	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de iluminação ● Sistema de refrigeração 	WESTPHAL, 1999
Departamento de Engenharia Civil/UFSC	> 22%.	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de iluminação ● Sistema de refrigeração 	SILVA; WESTPHAL; LAMBERTS, 2003

2.5 TARIFICAÇÃO DE ENERGIA

A tarifa cobrada pelas concessionárias de energia elétrica é composta pelos gastos embutidos em todos os processos, desde geração até distribuição. A ANEEL divide a tarifa em três tipos de custos: Parcela A, Parcela B e tributos (SGT, 2016).

A primeira Parcela representa 53,5% do valor final e corresponde a compra e transmissão de energia mais os encargos setoriais. A segunda parcela equivale a 17,0% do total da energia elétrica e equivale aos custos de distribuição (SGT, 2016).

Anualmente são feitos reajustes na tarifa, para reestabelecer o poder de compra da concessionária (SGT, 2016).

2.5.1 Definições importantes

a) Bandeiras tarifárias

Desde o ano de 2015, a ANEEL começou a utilizar o sistema de bandeiras tarifárias. O método classifica, mensalmente, em três cores (verde, amarela e vermelha) o acréscimo no custo por quilowatt-hora (kWh), com base nas condições de geração de eletricidade (SGT, 2016).

Tabela 1- Acréscimo bandeiras tarifárias	
BANDEIRA	ACRÉSCIMO R\$
Verde	Zero
Amarela	0,015
Vermelha (patamar 1)	0,030
Vermelha (patamar 2)	0,045

Fonte: SGT (2016)

As bandeiras tarifárias não são tarifas extras de energia, elas já estavam presentes nas faturas, porém agora demonstram, para o consumidor, mais claramente o custo na geração de energia. Para a Celesc, os valores da Tabela 1, entraram em vigor a partir do mês de setembro de 2015. Anteriormente a bandeira vermelha era única e com o valor de 0,055 reais para 1 kWh. (CELESC, 2016)

b) Horário de ponta

Período estabelecido pelas concessionárias de energia de 3 horas diárias consecutivas (exceto sábado, domingo e feriados federais), equivalente ao pico de carga do sistema elétrico. Para a Celesc, este período é das 18:30 às 21:30 (CELESC, 2016).

c) Período seco

Intervalo de 7 meses consecutivos, que equivalem aos faturamentos de maio a novembro do mesmo ano (CELESC, 2016).

d) Período úmido

Período de 5 meses consecutivos, que abrange os faturamentos de dezembro de um ano até abril do ano seguinte (CELESC, 2016).

e) Tarifa binômia

Composta por dois valores, tarifa de demanda faturável e tarifa de consumo de energia (ANEEL, 2015).

f) Tarifa monômia

Valores aplicáveis somente ao consumo de energia (ANEEL, 2015)

2.5.2 Classificação das unidades consumidoras

Para o faturamento do fornecimento da energia elétrica, as unidades consumidoras são classificadas conforme a atividade em que ela emprega: residencial, comercial, industrial, rural, poder público e classe iluminação pública. Se a unidade exercer mais de um tipo de atividade, ela será classificada com a que tem maior representatividade no consumo de energia elétrica (ANEEL, 2015).

Além das classes, as unidades consumidoras, são agrupadas conforme a tensão fornecida. O Grupo A reúne as unidades que necessitam de tensão igual ou maior a 2,3 kV, ou inferiores que possuam fornecimento por meio de cabos subterrâneos. As unidades que precisam das tensões restantes, menor que 2,3kV, são atendidas pelo Grupo B (ANEEL, 2015).

Na Tabela 2 estão demonstradas as tensões de fornecimento para cada subgrupo do Grupo A.

Tabela 2- Subgrupos do agrupamento A	
Grupo A	Tensão de fornecimento kV
Subgrupo A1	≥ 230
Subgrupo A2	88 a 138
Subgrupo A3	69
Subgrupo A3a	30 a 44
Subgrupo A4	2,3 a 25
Subgrupo AS	< 2,3 (subterrâneo)

Fonte: Aneel (2015)

Na Tabela 3 são apresentadas as classes nos subgrupos do agrupamento B.

Tabela 3 - Subgrupos do agrupamento B	
Grupo B	Classes
Subgrupo B1	Residencial
Subgrupo B2	Rural
Subgrupo B3	Demais classes
Subgrupo B4	Iluminação pública

Fonte: Aneel (2015)

2.5.3 Modalidades tarifárias

a) Convencional

Aplicada sem diferença de horas. Para o grupo A, é constituída da tarifa única para demanda de potência (R\$/kW) e da tarifa única para o consumo de energia (R\$/MWh) e para o grupo B é somente aplicável a tarifa única para o consumo de energia (ANEEL, 2015).

Enquadram-se nesta modalidade o grupo A e o grupo B, porém com tarifas binômias e monômias, respectivamente (ANEEL, 2015).

b) Horo-sazonais

São tarifas binômias cobradas de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e com a sazonalidade (período úmido ou seco), são classificadas em Azul e Verde, cada um possui características diferentes mostradas na Tabela 4 (ANEEL, 2015).

Tabela 4- Tarifas aplicadas em cada modalidade horo-sazonal						
Demanda			Consumo de energia			
Azul	Ponta	Fora de ponta	Ponta	Fora de ponta	Seca	Úmida
Verde		Tarifa única	Ponta	Fora de ponta	Seca	Úmida

Fonte: ANEEL (2015)

Esta modalidade é apenas aplicável ao grupo A, tanto a tarifa Azul quanto a Verde (ANEEL, 2015).

2.5.4 Fator de potência

Fator de potência é a relação entre a potência ativa e a raiz quadrada da soma dos quadros das potências ativa e reativa (potência aparente), em um sistema trifásico. Indicando a eficiência do uso de energia no sistema (ANEEL, 2015).

O limite mínimo permitido é de 0,92, caso este valor seja menor é cobrado o custo da energia reativa excedente. Segundo o Art.76 e 95 dispostos na resolução normativa da ANEEL (2015), este valor somente será cobrado do Grupo A, incluídas as unidades que escolheram o faturamento com a utilização da tarifa do grupo B, de acordo com o Art. 100 desta mesma resolução (relatado em 2.5.6), devido ao baixo fator de potência do agrupamento B. Deve ser obrigatoriamente medido pela concessionária, mediante equipamentos de medição permanente (ANEEL, 2015).

2.5.5 Opções de faturamento

O faturamento aplicado ao grupo A, para a classificação do empreendimento estudado, é cobrado por meio do valor correspondente aos critérios descritos abaixo (ANEEL, 2015):

- I. Único valor maior dentre demanda de potência ativa contratada ou demanda medida;
- II. Consumo de energia elétrica ativa, único valor maior dentre contratada e medida;
- III. Energia elétrica reativa excedente.

Para o cálculo do faturamento de unidades consumidoras do grupo B é observado o consumo de energia ativa e incluindo as cobranças de excedentes reativos, quando houver (ANEEL, 2015).

Segundo o Art.100 da resolução normativa da ANEEL (2015), o consumidor pode escolher pelo faturamento com aplicação da tarifa do grupo B se a unidade consumidora for alimentada por transformadores com a potência nominal menor ou igual a 112,5 kVA.

Para os faturamentos que utilizam energia elétrica contratada, se a quantia total da demanda de potência ativa ou de uso do sistema de distribuição, exceder o valor contratado em mais de 5%, a unidade consumidora será cobrada pela ultrapassagem. Este valor é calculado multiplicando-se duas vezes o valor referência da tarifa de demanda de potência pela diferença entre a demanda medida e a demanda contratada (ANEEL, 2015).

A eq. 1 mostra o cálculo para a obtenção da demanda de ultrapassagem.

$$D_{ULTRAPASSAGEM} = 2 \times VR_{DULT} \times (PAM - PAC) \quad \text{eq. 1}$$

Fonte: ANEEL (2015)

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para este trabalho consiste em uma análise no consumo de energia elétrica de um empreendimento comercial por meio de visitas técnicas, questionários aos administradores do condomínio e estudo dos projetos.

Foram analisadas as faturas de energia elétrica, catalogados os equipamentos que mais representam gastos e realizadas medições nos mesmos, como explicado mais detalhadamente abaixo.

3.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Neste trabalho foram analisadas as quatro faturas de energia elétrica, referentes aos quatro medidores pertencentes ao condomínio comercial analisado (Bloco A, Bloco B, Térreo e Chiller), no período de abril de 2015 a abril de 2016. Foram verificados o consumo médio mensal de 31 dias faturados, fornecidos pela concessionária de energia.

Esta análise possibilita verificar se:

- I.O consumo mensal durante o ano está equilibrado, ou se houve discrepâncias.
- II.Está classificado na modalidade tarifária mais adequada ao seu consumo;
- III.Há excedente de energia reativa, referente a baixos fatores de potência;

3.2 CATALOGAÇÃO DAS CARGAS CONDOMINIAIS

Através de visitas técnicas ao condomínio e dos projetos elétrico e de climatização, foi possível catalogar os equipamentos consumidores de energia elétrica referentes às cargas condominiais e suas características relevantes para a análise deste trabalho:

- I.Potência nominal;
- II.Quantidade dos equipamentos;

3.3 FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Foram feitos questionamentos para a equipe de administradores do condomínio (síndico e zelador) e efetuadas observações por meio de visitas técnicas, para conhecer o sistema de acionamento dos equipamentos, manual ou automatizado, e os tipos de sensores, além da rotina de funcionamento de cada aparelho.

Com isso foi possível:

- I. Verificar se o sistema utilizado para o acionamento do equipamento é o mais eficiente;
- II. Comparar rotina de operação dos equipamentos com a rotina do usuário do condomínio, observada nas medições.

3.4 MEDIÇÕES

Foram instalados aparelhos medidores, para obtenção dos dados de consumo real dos equipamentos:

- I. Chiller
- II. Moto bomba CAG
- III. Elevadores;
- IV. Exaustores;
- V. Quadros de distribuição (térreo e subsolos).

3.4.1 Equipamentos de Medição

Para realizar as medições foram utilizados medidores de corrente (Onset CTV-A) mais Data logger (Onset HOBO) com 4 canais, Figura 3, disponibilizados pela Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC). Também foi utilizado um multímetro com garra, para obter características dos equipamentos: fator de potência, tensão e corrente (Figura 4).



Figura 3- Medidor de corrente e data logger



Figura 4 – Multímetro

3.4.2 Rotina de Medição

As medições foram realizadas através de visitas técnicas semanais ao empreendimento. No primeiro contato foi utilizado o Multímetro para medir as características, dos equipamentos: fator de potência, tensão e corrente. A partir de então, foram instalados os medidores de corrente, juntamente com os data logger, programados para armazenamentos de dados por no mínimo uma semana.

Devido a quantidade de equipamentos de medição disponível e ao número de equipamentos que precisava ser monitorado, foram necessárias 4 visitas semanais.

4 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ANALISADO

Este capítulo traz os dados referentes ao condomínio comercial, analisado neste trabalho. O edifício foi inaugurado em abril de 2012 e está localizado na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. São apresentadas as informações referentes à estrutura física do edifício, às características do sistema elétrico, que atende somente as cargas condominiais, e o detalhamento dos equipamentos instalados nas áreas comuns do condomínio.



Figura 5 – Fachada do empreendimento analisado

4.1 ESTRUTURA FÍSICA

O empreendimento possui 23.496,99 m² de área total construída, distribuída em duas torres, Bloco A e Bloco B, de 11 pavimentos Tipo com 9 salas cada. Umático com 5 salas no A e 4 salas no B. Abaixo das torres encontra-se a galeria (térreo) com 32 salas comerciais, sendo 5 restaurantes/café na praça de alimentação. Totalizando 2.282,04 m² de áreas que compõem o condomínio. Para estacionamento, possui 4 pavimentos, sendo um pilotis, dois subsolos e uma garagem, contabilizando 8.724,66 m².

4.2 SISTEMA ELÉTRICO

Para faturar a energia elétrica gasta somente pelas áreas comuns do empreendimento, o condomínio possui quatro medidores de energia elétrica: Bloco A, Bloco B, Térreo e Chiller. Apenas para o medidor que atende ao Chiller o fator de potência é igual a 0,80 e tensão nominal igual a 13200 V. Os demais medidores possuem fator de potência igual a 1,00 e tensão nominal de 220 V.

O grupo de tensão do empreendimento, na concessionária de energia, é B e a classificação 03. A modalidade tarifária é convencional, e a corrente trifásica para todos os quatro medidores.

4.2.1 Climatização

O sistema de condicionamento de ar do condomínio é feito através de central de água gelada (CAG), que é composta pelo resfriador de líquido (Chiller) e moto bomba.



Figura 6 – Chiller e Moto Bomba

O edifício possui quatro espaços climatizados separadamente do sistema de CAG, cada um instalado para suprir necessidades distintas. Eles são localizados na sala de administração, na sala de Telecom, para o resfriamento dos equipamentos, como as câmeras de vigilância e hacks de TI, e mais dois ares condicionados nas salas de máquinas, para o resfriamento dos motores dos elevadores. Situam-se no Subsolo 1, no pavimento Garagem e na casa de máquinas (Bloco A e Bloco B), respectivamente.



Figura 7 – Ar-condicionado na casa de máquinas- Bloco B

O empreendimento possui dois tipos de exaustão, uma nos dois pavimentos subsolos e outra para a praça de alimentação. Para os pavimentos subsolos são utilizados sensores de CO, instalados a 1,5m do piso, que ativam o exaustor para a renovação do ar. O segundo tipo de exaustão, localizado no pavimento térreo, é feito através de um precipitador hidrodinâmico, ligado a ventilação nos restaurantes.



Figura 8 – Precipitador Hidrodinâmico (Exaustor) térreo.

4.2.2 Elevadores

O condomínio possui no total, seis elevadores, três em cada bloco. Sendo dois elevadores destinados para serviço, cada um em uma torre, elevador 03 no Bloco A e elevador 01 no Bloco B.

4.2.3 Bombas d' água

São utilizadas 4 bombas para o recalque para água potável, localizadas no 2º Subsolo. O empreendimento também possui 12 bombas para o recalque de águas pluviais e subterrâneas.

4.2.4 Iluminação

A iluminação nas áreas comuns do condomínio possui variados equipamentos e tipos de acionamento. O pavimento térreo possui sancas de gesso com iluminação embutida para fim de estética da galeria. A maior parte da iluminação fica permanentemente ligada durante o horário de funcionamento. A iluminação com sancas também compõe o sistema dos pavimentos tipo e átrio, sendo acionada quando necessária, por meio de sensores de presença. Isso também ocorre nos 4 pavimentos destinados a garagem, com a diferença do pavimento Pilotis, que apresenta foto sensores.

Os ambientes que necessitam de maiores demandas de iluminação artificial são os dois pavimentos subsolos e a praça de alimentação.



Figura 9 – Iluminação pavimento Térreo

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA

O condomínio é responsável por quatro faturas (medidores) de energia elétrica que são rateadas proporcionalmente entre os condôminos. Foram analisadas as faturas referentes a um ciclo de 12 meses de consumo, de maio de 2015 até abril de 2016. O histórico está representado na Tabela 5.

Tabela 5- Histórico da fatura de energia elétrica

DATA	Bloco A kWh	Bloco B kWh	Térreo kWh	Chiller kWh	TOTAL kWh
Maio 2015	4.916	4.291	9.414	100	24.525
Junho 2015	4.655	3.830	8.157	8.160	24.802
Julho 2015	4.721	3.963	8.794	4.500	21.978
Agosto 2015	5.156	4.282	9.318	5.280	24.036
Setembro 2015	4.609	3.854	8.920	8.280	25.663
Outubro 2015	4.780	4.088	8.949	3.300	21.117
Novembro 2015	4.748	3.936	9.711	12.180	30.575
Dezembro 2015	4.474	3.857	7.302	10.020	25.653
Janeiro 2016	6.113	5.129	8.995	12.780	33.017
Fevereiro 2016	5.397	4.805	7.939	13.920	32.061
Março 2016	5.271	4.643	7.878	6.540	24.332
Abril 2016	5.634	5.169	8.583	7.080	26.466
TOTAL	60.474	51.847	103.960	100.407	314.225

No mês de maio 2015 o consumo do Chiller está discrepante em relação aos demais meses, isso ocorreu pois neste período o equipamento estava passando por reparos e não estava em funcionamento. Para o cálculo do consumo final, foi descartado o valor de 100 kWh e utilizado a média dos valores dos outros 11 meses, 8367,27 kWh.

Avaliando a participação de cada fatura no consumo total anual, foi possível observar a alta representatividade das demandas solicitadas pelo pavimento Térreo, como mostra na Figura 10. O pavimento é composto por cargas pertencentes à praça de alimentação e lojas abertas ao público, que funcionam de segunda à sábado das 7:00 às 22:00. Nas demandas solicitadas pela praça de alimentação e lojas estão os sistemas de exaustão, refrigeração (fan-coils mais ventiladores) e iluminação fixa (ligada 15 horas por 6 dias na semana).

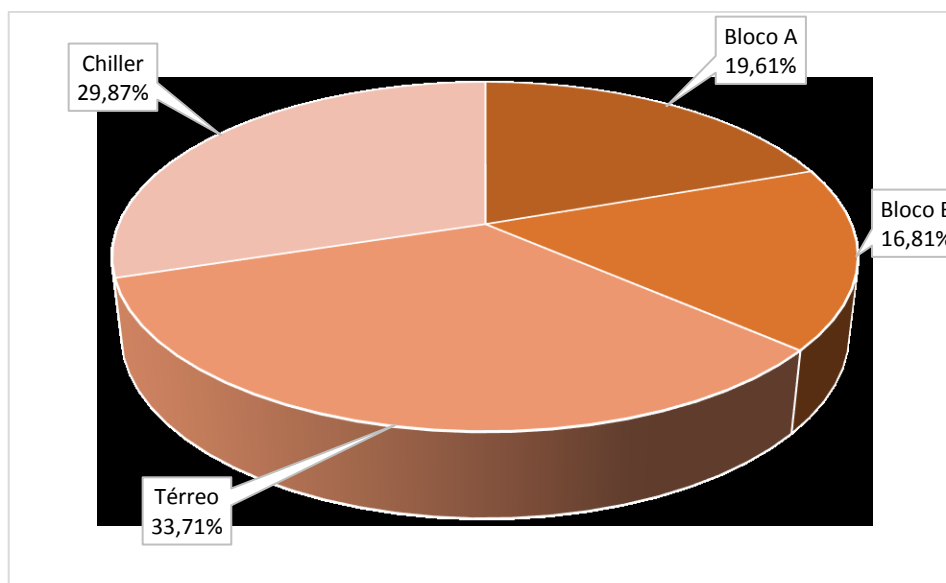


Figura 10- Representatividade das faturas

A Central de Água Gelada (CAG) possui a segunda maior representatividade no consumo do condomínio, consumindo 29,87% anualmente. Porém o consumo do sistema de condicionamento de ar varia consideravelmente dependendo da temperatura, nos meses considerados quentes, que são os 6 meses de novembro até abril (segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET), o Chiller chega a representar 36,33% do consumo total do empreendimento.

Segundo a NBR16401-3 (2008), a zona de conforto térmico para um grupo de pessoas em atividade sedentária ou leve, é de 22,5 °C a 25,5 °C no verão e entre 21,0 °C e 24,0 °C no inverno. Na Figura 11 é possível comparar os gastos mensais de energia com as temperaturas máximas e mínimas mensais, dados do INMET referentes a maio de 2015 até abril de 2016. Tais dados demonstram que os gastos em energia elétrica são proporcionalmente mais elevados quando a temperaturas máximas estão acima da temperatura de conforto.

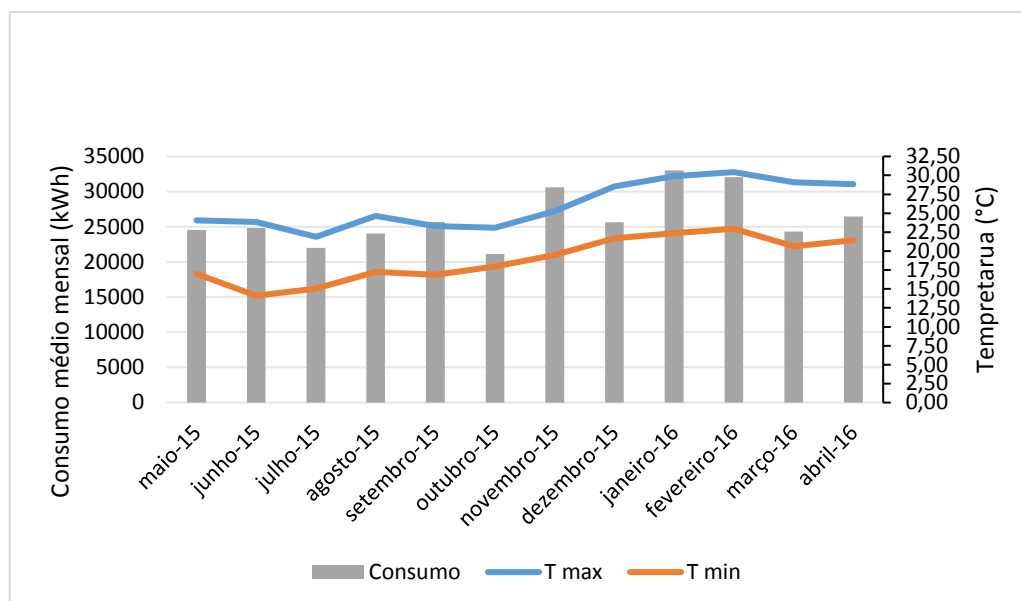


Figura 11 – Consumo médio de energia e temperaturas máxima e mínima mensal

O modelo de faturamento empregado em todas as quatro contas de energia do condomínio é do grupo B, com tarifação convencional, pois é o único tipo de modalidade tarifária aplicada a este grupo. Tabela 6, mostra o faturamento de energia elétrica, sem os tributos. Observa-se que a tarifa do grupo B não varia nos horários de ponta e com as sazonalidades, porém as bandeiras tarifárias mais baratas se concentram nos meses posteriores ao verão.

Tabela 6- Custo mensal do consumo de energia elétrica

DATA	Consumo kWh	Tarifa R\$	Bandeira R\$	TOTAL R\$
Maio 2015	24.525	0,434120 ¹	0,055	11.995,67
Junho 2015	24.802	0,434120	0,055	12.131,15
Julho 2015	21.978	0,434120	0,055	10.749,88
Agosto 2015	24.036	0,444360	0,055	12.002,62
Setembro 2015	25.663	0,444360	0,045	12.558,45
Outubro 2015	21.117	0,444360	0,045	10.333,82
Novembro 2015	30.575	0,444360	0,045	14.962,18
Dezembro 2015	25.653	0,444360	0,045	12.553,55
Janeiro 2016	33.017	0,444360	0,045	16.157,20
Fevereiro 2016	32.061	0,444360	0,030 ¹	15.208,46
Março 2016	24.332	0,444360	0,030	11.542,13
Abril 2016	26.466	0,444360	0,015	11.995,67
TOTAL	314.225	5,30	0,49	152.190,78

¹ Tarifa convencional de agosto de 2014 até agosto de 2015

A classificação da fatura do Chiller poderia ser alterada para o grupo A, subgrupo A4, pois possuiu tensão contratada de 13,2 kV e é cobrado o valor de excedente reativo. Como na fatura atual não está registrada a demanda consumida, não é possível comparar os valores resultantes de faturamentos do grupo B com faturamentos do grupo A (convencional ou horosazonal). Porém seria um estudo pertinente, pois as tarifas no grupo A são cobradas de forma mais personalizadas, conforme os valores aplicados pela CELESC – apresentados no ANEXO 1 deste trabalho.

5.1.1 Excedente de potência reativa

O faturamento do Chiller, mesmo sendo do agrupamento B, possui os pré-requisitos citados no Art. 100, da resolução normativa da ANEEL, explicado na seção 2.5.6 deste trabalho, no qual admite cobrança da energia reativa excedente para as características desta fatura.

As informações do histórico do excedente de energia reativa não estavam disponíveis para consulta. Porém, analisando a fatura do mês de abril de 2015 foi possível observar o excedente de 980 kWh com tarifação de R\$ 0,2597094, resultando em um custo de 254,52 reais no mês.

5.2 CARGAS CONDOMINIAIS

A catalogação das cargas condominiais é importante para entender melhor o comportamento e as necessidades do empreendimento analisado.

Neste estudo, ela foi realizada por meio de três atividades: análise de equipamentos descritos nos projetos, entrevistas aos administradores do condomínio e a mais importante, visitas técnicas. Nas visitas técnicas foi possível verificar discrepâncias entre projeto e execução. Segue abaixo (Tabela 7), lista de todos os equipamentos catalogados e suas respectivas potências.

Tabela 7- Cargas condominiais

Equipamento	Quant.	Potência Nominal W	Total kW
Chiller	1	84760,00	84,760
Moto Bomba - CAG	1	7500,00	75,000
Fan-Coils	10	3421,31	34,213
Caixa Ventilação Forro térreo	21	25,00	0,525
Gabinete de Ventilação térreo	4	1103,25	4,413
Ventilador Axial Tubular garagem	8	1471,00	11,768
Ar-condicionado Telecom	1	932,00	0,932
Ar-condicionado Sala de Máquinas	2	1646,00	1,646
Ar-condicionado Sala Administração	1	932,00	0,932
Precipitador (Exaustor)	1	11032,00	11,032
Elevador	6	11000,00	66,000
Bomba d'água, potável	4	2941,99	11,768
Bomba d'água, pluvial	12	2206,50	26,478
Lâmpada tubular fluorescente	353	28,00	276,752
Lâmpada tubular LED	26	18,00	0,468
Lâmpada compacta fluorescente	214	15,00	3,210
Lâmpada compacta LED	179	10,00	1,790
Lâmpada compacta incandescente	76	60,00	4,560
TOTAL			616,25

A listagem de equipamentos de uso do condomínio é importante para o planejamento das medições, verificar se o equipamento estava funcionando corretamente, se não há problemas de consumo de energia desnecessário.

Alguns equipamentos catalogados na Tabela 7, nos quais não foram realizadas medições, são explicados mais em detalhe quanto a seu funcionamento e acionamento, a seguir.

5.2.1 Ares-condicionados

Os cinco condicionadores de ar que compõem o grupo de equipamentos instalados no condomínio possuem diferentes tipos de acionamento e função.

Os aparelhos de ar-condicionado da sala de Telecom e das salas de máquinas são utilizados para o resfriamento dos equipamentos, ficam ligados 24 horas por dia na mesma temperatura, 23°C. O equipamento da sala de administração funciona no horário de expediente do síndico e do zelador, das 9:00 às 20:00 horas de segunda à sexta. Seu acionamento é por controle remoto quando os usuários sentem a necessidade.

5.2.2 Sistema de iluminação

No sistema de iluminação foram identificadas inúmeras diferenças entre o projeto e o real, além da baixa manutenção das lâmpadas. Devido a isso, foram necessárias vistorias presenciais para averiguar todos os pavimentos. Cada pavimento tipo possui um *layout* diferente e adaptado para o uso do condômino. A única semelhança entre eles é a iluminação embutida no hall dos elevadores.

O condomínio adota dois tipos de acionamento de iluminação: por meio de sensores (presença e luz) ou lâmpadas que funcionam integralmente das 7h às 22h. Essas lâmpadas são de 3 tipos diferentes, compactas ou tubulares: incandescente, fluorescente e LED. O zelador que faz a manutenção do condomínio relatou que a presença de tantos tipos de lâmpadas é porque estão trocando as fluorescentes (tanto tubulares quanto compactas) por lâmpadas de LED, devido a sua maior eficiência. Porém a troca é somente realizada quando há lâmpadas queimadas. O uso de lâmpadas incandescentes, por sua baixa eficiência, é utilizado só por acionamento de sensores, porém devido ao foto sensor, elas ficam ligadas a noite toda.

Tabela 8 – Cargas do sistema de iluminação

	Sensor presença				Fixa				Foto sensor
	Inc.	Fluo.	Tub. Fluo.	LED	Tub fluo.	Tub. LED	Fluo	LED	Inc.
Sub 2	16	1	0	16	10	26	7	0	0
Sub 1	8	0	0	23	26	0	0	0	0
Térreo	0	0	0	0	177	0	88	3	0
Garagem	16	0	0	17	6	0	0	0	0
Pilotis	2	1	0	6	19	0	0	0	34
Bloco A	0	47	60	37	0	0	0	0	0
Bloco B	0	70	55	77	0	0	0	0	0
TOTAL	42	119	115	176	61	114	10		34

A falta de manutenção em iluminação gera uma baixa iluminância no ambiente, fazendo com que ele não esteja mais eficiente para a função em que foi projetado. Além disso, a política de substituição de lâmpadas feita pelo zelador é trocar 2 lâmpadas fluorescentes compactas com eficiência luminosa de 56 lm/W cada uma por 1 lâmpada LED com eficiência luminosa de 86 lm/W, porém o fluxo total não é equivalente ao anterior. Assim, mesmo que todas as trocas sejam feitas, o ambiente não estará com o conforto lumínico ideal.

Tabela 9- Lista de lâmpadas queimadas

	Queimadas		
	Inc.	Fluo.	Tub.
Sub 2	2	0	0
Sub 1	4	0	0
1 Térreo	0	58	9
Garagem	13	2	0
Pilotis	8	0	0
Bloco A	0	47	0
Bloco B	0	24	0
TOTAL	27	131	9

5.3 ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DOS CIRCUITOS

5.3.1 Chiller e Moto Bomba

Foram instalados aparelhos de medições simultaneamente no motor da bomba do sistema de CAG e no Chiller no período de 13 até 26 de julho de 2016. Com isso foi possível avaliar o consumo do conjunto nos meses em que as temperaturas são mais amenas.

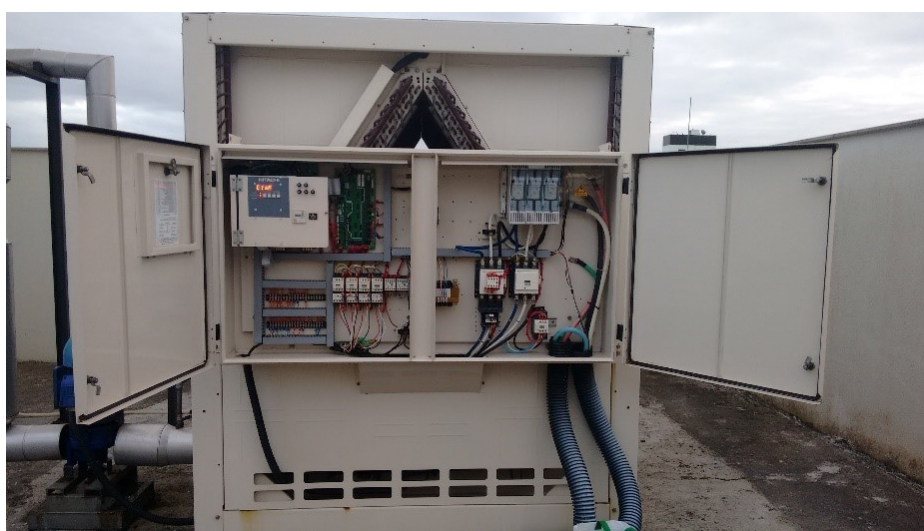


Figura 12 – Quadro elétrico do Chiller

Os equipamentos são acionados através de sistema de automação, que liga e desliga simultaneamente todos os sistemas conectados a CAG, com início às 7:00 horas da manhã às 22:00 horas, de segunda a sábado. Este sistema é desligado aos domingos e reprogramado às segundas-feiras para o ciclo de mais uma semana, porém nos feriados os equipamentos

continuam funcionando normalmente como dia útil. Isso significa um desperdício de 357,94 kWh a mais para cada feriado durante a semana, como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 – Consumo Chiller e Moto Bomba

Consumo	M.Bomba kWh	Chiller kWh
Por dia (útil)	108,08	250,54
Domingo	0,42	0,26
Semanalmente	647,95	1521,81
Mensalmente	2869,50	6739,43
Anualmente	34433,96	63510,04

A curva de carga medida do Chiller pode ser observada no Apêndice A. Foi diagnosticado pelas medições que o Chiller fica ligando e desligando ao longo de todo dia, a cada 25 minutos. Quando ligado, fica operando em sua potência nominal, 84,76 kW.

O fator de potência medido para o Chiller é de 91,7%, que é 0,3% abaixo do valor mínimo permitido pela ANEEL, com isso a concessionária de energia cobra o custo da energia reativa excedente, como demonstrado na seção 5.1.1. deste trabalho.

A curva de carga da moto bomba, observada no APÊNDICE B, demonstra um funcionamento praticamente constante variando até 7,2% a menos da sua potência nominal. Sua operação é igual em todos os meses do ano, independente do uso do ar condicionado.

O consumo anual demonstrado na Tabela 10, do Chiller e da Moto bomba, foi utilizado nos cálculos de uso final do consumo de energia elétrica do empreendimento.

5.3.2 Elevadores

As medições nos elevadores foram realizadas em etapas diferentes, que foram do período de 17 de maio de 2016 até 12 de agosto de 2016, devido ao número reduzido de equipamentos e a alguns erros nos resultados.



Figura 13- Medição sala de máquinas – Bloco B

Os elevadores são de máquinas modernas, de engrenagem com acionamento por variação de tensão e frequência. São tecnologias que diminuem o consumo de energia dos elevadores, se comparados com os modelos mais antigos.

Na Figura 14 e na Figura 15, pode-se observar o comportamento típico dos elevadores sociais do condomínio. No Bloco A é possível verificar uma concentração de carga no período de 7:00 às 10:00 da manhã, e das 12:00 às 14:00.

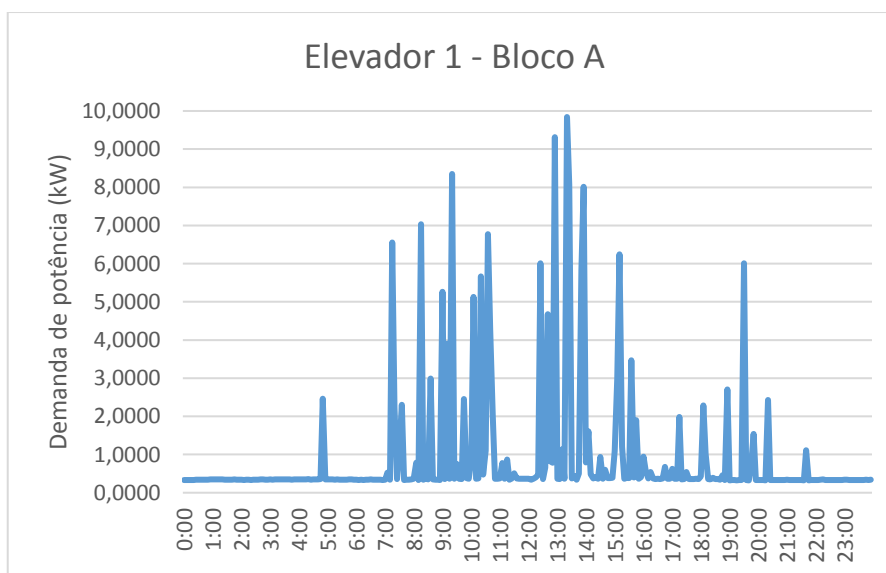


Figura 14 – Curva de carga típica elevador 1 –Bloco A

No Bloco B, o uso é mais uniforme, apenas observando um acúmulo das 8:00 às 11:00, do meio dia, às 14 e por fim das 19:00 às 20:00.

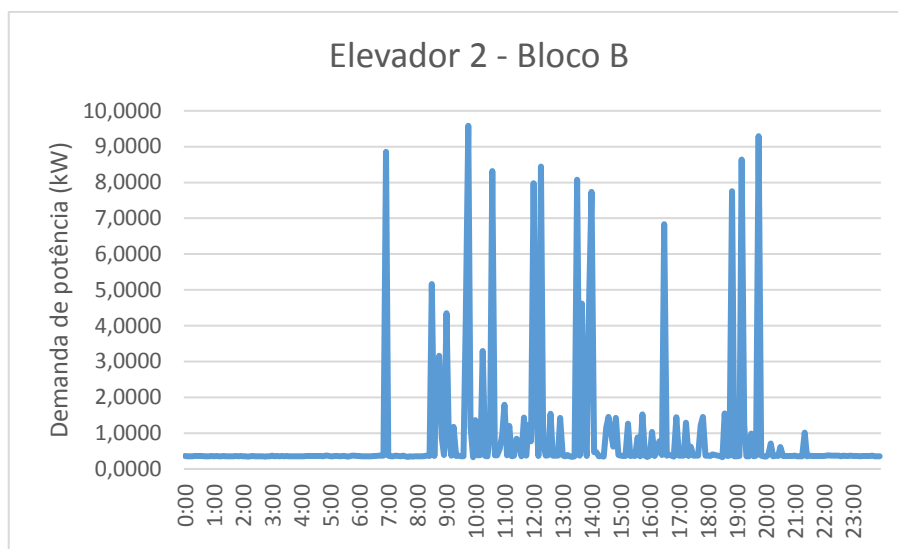


Figura 15 – Curva de carga típica elevador 2 –Bloco B

A dificuldade em se avaliar o uso dos elevadores é devido a múltiplas atividades e serviços realizados em cada torre. No Bloco A existe um cartório que atende a um grande movimento de público diariamente.

Os gastos de consumo anuais calculados nas Tabela 11 e Tabela 12 foram empregados nos cálculos para o uso final de energia dentro de um ano para o condomínio analisado.

Tabela 11- Consumo Elevadores Bloco A

BLOCO A	Elevador 1	Elevador 2	Elevador 3	TOTAL
Consumo	kWh	kWh	kWh	kWh
Por dia (útil)	21,41	26,67	9,46	57,54
Final de semana	18,34	25,37	2,88	46,59
Semanalmente	125,99	156,48	47,77	330,25
Mensalmente	557,97	692,97	211,57	1462,51
Anualmente	6695,59	8315,69	2538,89	17550,17

Tabela 12 - Consumo Elevadores Bloco B

BLOCO B	Elevador 1	Elevador 2	Elevador 3	TOTAL
Consumo	kWh	kWh	kWh	kWh
Por dia (útil)	10,42	23,39	26,73	60,54
Final de semana	3,95	18,56	26,07	48,57
Semanalmente	56,05	135,49	159,74	351,28
Mensalmente	248,22	600,03	707,41	1555,66
Anualmente	2978,65	7200,36	8488,92	18667,93

5.3.3 Exaustor (Precipitador hidrodinâmico)

Localizado no pavimento térreo, o exaustor trabalha para atender aos restaurantes que funcionam na praça de alimentação. Seu acionamento é feito através de sistema de automação, ele é acionado às 7:00 da manhã e desliga às 22:00, horário que acaba o expediente dos restaurantes, de segunda à sábado.

Analisando as curvas apresentadas no APÊNDICE C, é possível observar que a partir do momento em que é ligado, o exaustor trabalha com sua potência máxima, variando no máximo 13% a menos.

Os dados obtidos nos cálculos de consumo de energia da Tabela 13, consumidos anualmente pelo exaustor, foram usados nas contas para a divisão do uso final de energia.

Tabela 13- Consumo Exaustor

Exaustor	Consumo kWh
Por dia (útil)	157,55
Domingo	0,13
Semanalmente	945,44
Mensalmente	4186,94
Anualmente	50243,31

5.3.4 Quadro de distribuição Térreo

No quadro de distribuição do térreo estão instalados o exaustor, a iluminação do térreo, os fan-coils e ventiladores.

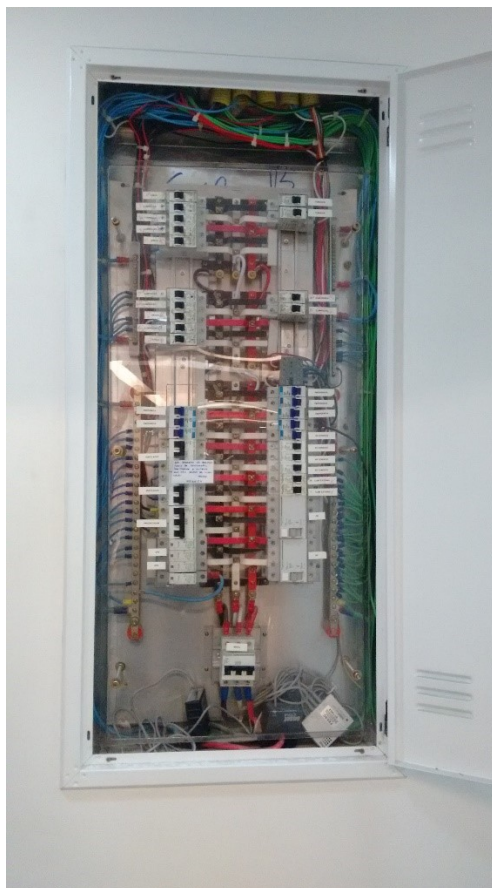


Figura 16 – Quadro de distribuição térreo com os medidores

Foram instalados medidores com data logger para armazenar dados até 20 A, pois os disjuntores suportavam essa corrente. Porém na primeira medição os dados pareciam travados em 19,995 A, e o síndico relatou que algumas vezes os disjuntores se desligam devido à alta carga de corrente requerida. Com isso, foram instalados medidores para armazenamento de dados maiores que 50 A, mas mesmo assim alguns dados travaram em 19,995 A. Devido a isso ficou difícil conseguir distinguir cargas nos resultados das medições.

O consumo anual da Tabela 14 mostra a estimativa de consumo das cargas instaladas no quadro de distribuição do térreo, e estes dados foram utilizados para chegar ao uso final de energia elétrica.

Tabela 14- Consumo Quadro térreo

Consumo	Quadro Térreo kWh
Por dia (útil)	178,92
Domingo	92,77
Semanalmente	1166,18
Mensalmente	5164,52
Anualmente	61974,30

5.3.5 Quadro de distribuição Subsolo 2 – Bloco A

No quadro de distribuição do Subsolo 2 são instaladas as bombas de recalque de água potável e de águas pluviais, o exaustor para a limpeza do ar e a iluminação do pavimento.

Segundo o zelador, as bombas de recalque de água pluvial raramente são acionadas, assim como o exaustor que é acionado por meio de sensor de CO.

A iluminação do pavimento é composta pelas luzes fixas e com sensores de presença do estacionamento e das luzes do hall dos elevadores, que são fixas.

Com essas informações não foi possível dividir as demandas devido à variedade de equipamentos e acionamentos instalados no quadro e também devido principalmente à falta de espaço para instalar os equipamentos de medição como pode ser visto na Figura 17.

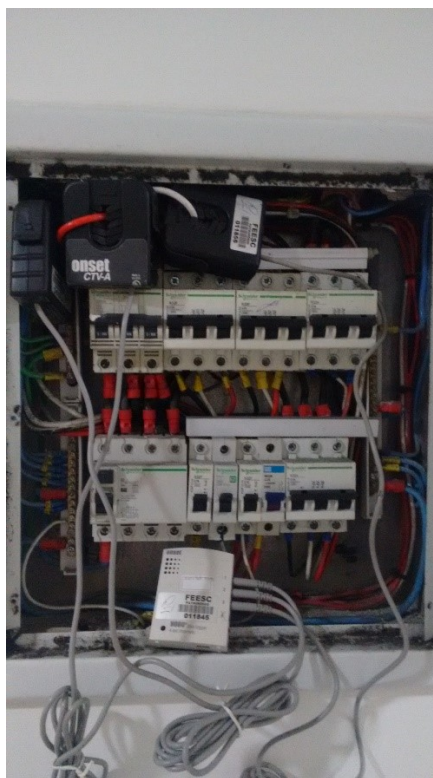


Figura 17 – Quadro de distribuição Subsolo 2 e equipamentos de medição

Porém, os dados obtidos de consumo anual do Quadro Subsolo 2 foi usado para dividir o uso final de energia elétrica no condomínio.

Tabela 15- Consumo Quadro subsolo 2

Consumo	Quadro Subsolo 2
	kWh
Por dia (útil)	15,88
Domingo	13,98
Semanalmente	107,52
Mensalmente	476,14
Anualmente	5713,73

5.3.6 Quadro de distribuição Subsolo 1 – Bloco A

Pertence ao quadro de distribuição do Subsolo 1 as cargas do sistema de iluminação e o exaustor para limpeza do ar.

A única diferença entre este pavimento e o Subsolo 2 é que no Subsolo 1 não há bombas de recalque de nenhum tipo.

Assim como todas as medições, o consumo anual estimado para o Quadro Subsolo 1 também foi utilizado para a divisão do uso final de energia elétrica em todo o sistema.

Tabela 16- Consumo Quadro Subsolo 1

Consumo	Quadro Subsolo 1
	kWh
Por dia (útil)	16,70
Domingo	16,02
Semanalmente	115,74
Mensalmente	512,58
Anualmente	6151,02

5.4 USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Mediante as medições e equipamentos catalogados, foi possível dividir o uso final anual do consumo de energia elétrica do condomínio. Como mostra a Figura 18.

Foi possível separar em 7 usos:

- Chiller – 20,21%
- Iluminação + Fan-coils (térreo) – 17,09%
- Exaustor – 15,99%
- Elevadores – 11,53%
- Moto Bomba CAG – 10,96%

- Subsolo 1 – 3,92%
- Subsolo 2 – 3,64%

Porém, 16,67% das cargas não foram identificadas em detalhe neste trabalho.

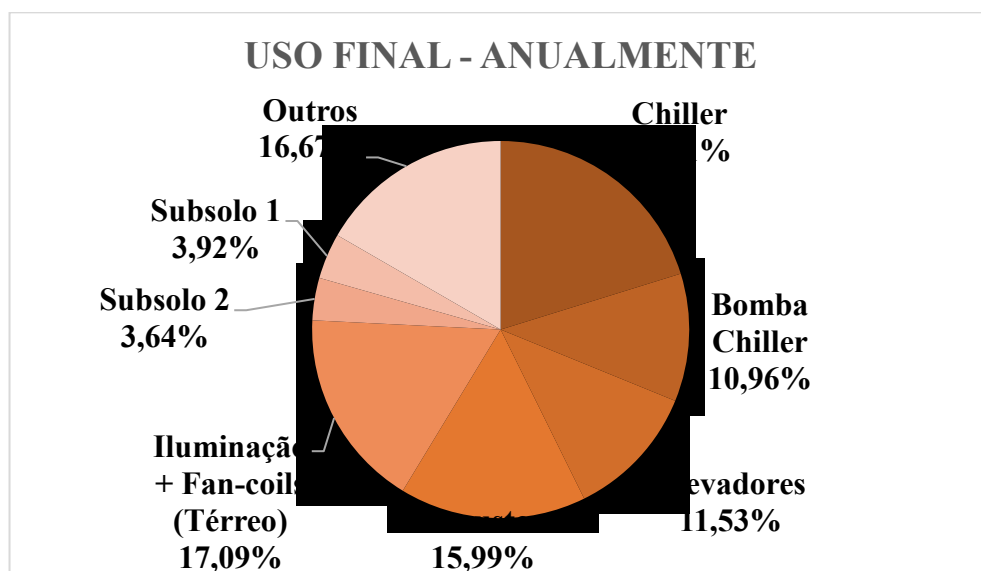


Figura 18 – Uso final anual condomínio

6 CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES GERAIS

Por meio da metodologia proposta foi possível identificar os equipamentos e sistemas principais consumidores de energia elétrica e estabelecer estratégias para um retrofit nas cargas do condomínio. Em algumas foi possível mensurar o potencial de economia.

O Chiller e a Moto Bomba da CAG juntos são os que mais consomem energia no sistema. Com participação de mais de 30% do consumo total anual. Para a melhoria no conjunto foram verificadas algumas possíveis estratégias. A primeira medida é a instalação de inversores de frequência que faria o Chiller trabalhar com potências mais baixas que a sua potência nominal, evitando o pico de demanda em dias de clima ameno, ou a utilização de sistemas de exaustão no pavimento térreo apenas para a troca de ar no inverno. Outra solução é o desligamento total do sistema em feriados, o que resultaria em uma queda de 357,94 kWh, ou seja, economizaria aproximadamente 159,05 reais em cada feriado. Por último, como sugestão de retrofit para o Chiller, é a instalação de um banco de capacitores para a correção do FP que resultaria em uma economia em torno de 254,52 reais por mês, até 3054,24 reais por ano.

O segundo maior consumidor de energia é o quadro térreo, no qual os Fan-coils e iluminação possuem maior parte da fatia, consumindo 17,09% do total anual. No consumo dos fan-coils do térreo estão inclusos os aparelhos que ficam localizados dentro das lojas. A sugestão seria a instalação de medidores individuais para uma melhor avaliação do consumo rateado pelo condomínio.

Em alguns sistemas e equipamentos não foi possível avaliar a participação específica no total do consumo por meio das medições, porém esses sistemas poderiam passar por melhorias independente da parcela que utiliza. Nos ares-condicionados que são utilizados com a função de resfriamento de equipamentos eletrônicos, como a sala Telecom e de máquina, poderiam ser instalados condicionadores de ar com o sistema inverter, que são aparelhos com inversor de frequência e consomem menos energia, devido a possível variação de potência, ou a instalação de sensores de temperatura (termostatos) que acionassem o equipamento quando necessário. O retrofit no sistema de iluminação consistiria em trocar as lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED, mantendo o conforto lumínico. A troca deverá ser feita principalmente nas lâmpadas incandescentes que funcionam por meio de foto sensores e ficam ligadas a noite inteira.

Outra sugestão para diminuir os gastos em energia elétrica seria a mudança no tipo do faturamento cobrado pela concessionária. Poderia ser faturamento do tipo Horo-sazonal, o qual tem tarifas diferentes para os horários de ponta e demanda, deixando assim a fatura mais coerente com o perfil de carga.

Com este trabalho pode-se concluir que a realização de medições de curto prazo, 4 semanas, com uma quantidade razoável de equipamentos, possibilita maior precisão se comparada às análises baseadas apenas em entrevistas. Os cálculos de consumo feitos por meio das potências nominais e aparentes de equipamentos consumidores de energia podem gerar resultados fora da realidade do sistema. Porém, as observações feitas nas visitas técnicas e entrevistas serviram como base para a realização das medições.

Por fim, a avaliação do potencial de economia para um retrofit será de extrema importância para o condomínio analisado, pois em estabelecimentos onde há o rateamento das despesas para muitas pessoas, não é notado com facilidade o desperdício de energia elétrica. Sendo assim, os administradores poderão conscientizar os condôminos.

6.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Ao longo do período de estudo deste trabalho foram observadas algumas dificuldades:

- Falta de espaço nos quadros de distribuição, para instalar os equipamentos de medição;
- Muitos disjuntores em um só quadro, tornando as medições menos precisa;
- Diferenças entre projeto executivo e realidade.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao fim deste trabalho, seguem sugestões para estudo em trabalhos futuros:

- Analisar mais precisamente, por meio de medições adicionais, os pontos que mais participam do consumo, para verificar o desempenho e rotinas de acionamento dos equipamentos;
- Verificar o consumo gerado somente pelas cargas noturnas instaladas no condomínio;

7 REFERÊNCIAS

ABESCO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (Brasil). Abesco. **ABESCO faz levantamento e mostra o tamanho do desperdício energético do país**. 2016. Disponível em: <www.abesco.com.br>. Acesso em: 20 jul. 2016.

ABNT, NBR. 16401-3–Instalações de ar condicionado–Sistemas centrais e unitários. **Rio de Janeiro**, 2008.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **REN 670**: Direitos e deveres dos consumidores e distribuidoras. Brasília: Aneel, 2015.

BIG. Banco de Informação e Geração. **Capacidade de geração do Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. **Lei nº10.295, de 17 de outubro de 2001**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 10 ago. 2016.

CELESC. CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA. . **Grupos e modalidades tarifárias**. 2016. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/home/index.php?option=com_content&task=view&id=117&Itemid;=>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL, 2007b.

ENE CONSULTORES (Florianópolis). **Relatório técnico - Auditoria Energética - cliente Top Tower**. Florianópolis: Ene Consultores, 2015. 36 p.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional)**. 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumonacionaldeenergiaelétricaporclasse-1995-2009.aspx>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia–PNE 2030. **Rio de Janeiro**, 2007.

FREIRE, Ian Felisberto. **Medição e verificação em eficiência energética: metodologia para determinação do baseline**. 2001. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. 1997. 305 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

INEE, INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Rio de Janeiro). **Introdução ao uso da medição e verificação de economias de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Inee, 1997.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Org.). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/mapas_mensal_sem.php>. Acesso em: 08 ago. 2016.

LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange; PEDRINI, Aldomar. Eficiência energética: estudo de retrofit para um edifício comercial em Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** . Salvador: Antac, 1997. p. 424 - 428.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Procel Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2013. 382 p.

MOREIRA, José Francisco Campos; GHISI, Enedir. Método para estimar o uso final de energia elétrica com sistemas de ar condicionado. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2011, Búzios. **Anais...**. Búzios: Encac, 2011. p. 1 - 10.

NASCIMENTO, Leandra Beggiato Porto do; BARBOSA, Miriam Jerônimo. Análise da influência de variáveis construtivas e de variáveis de uso e ocupação no consumo de energia em edifícios de escritório. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2009, Natal. **Anais...**. Natal: Antac, 2009. p. 1114 - 1123.

SERAFIN, Raquel May. **Avaliação da redução do consumo de energia elétrica em função do retrofit no edifício sede da Eletrosul**. 2010. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SGT. Superintendência de Gestão Tarifária. Agência Nacional de Energia Elétrica. **A tarifa de energia elétrica**. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

SILVA, Gladson Hoffmann da; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto. Análise das curvas de carga de um edifício de escritórios: Estudo de caso no departamento de engenharia civil da UFSC. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 07., 2003, Curitiba. **Anais...**. Florianópolis: Encac, 2003. p. 1 - 8.

SPR. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Encarte especial sobre a crise hídrica**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2015. 31 p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

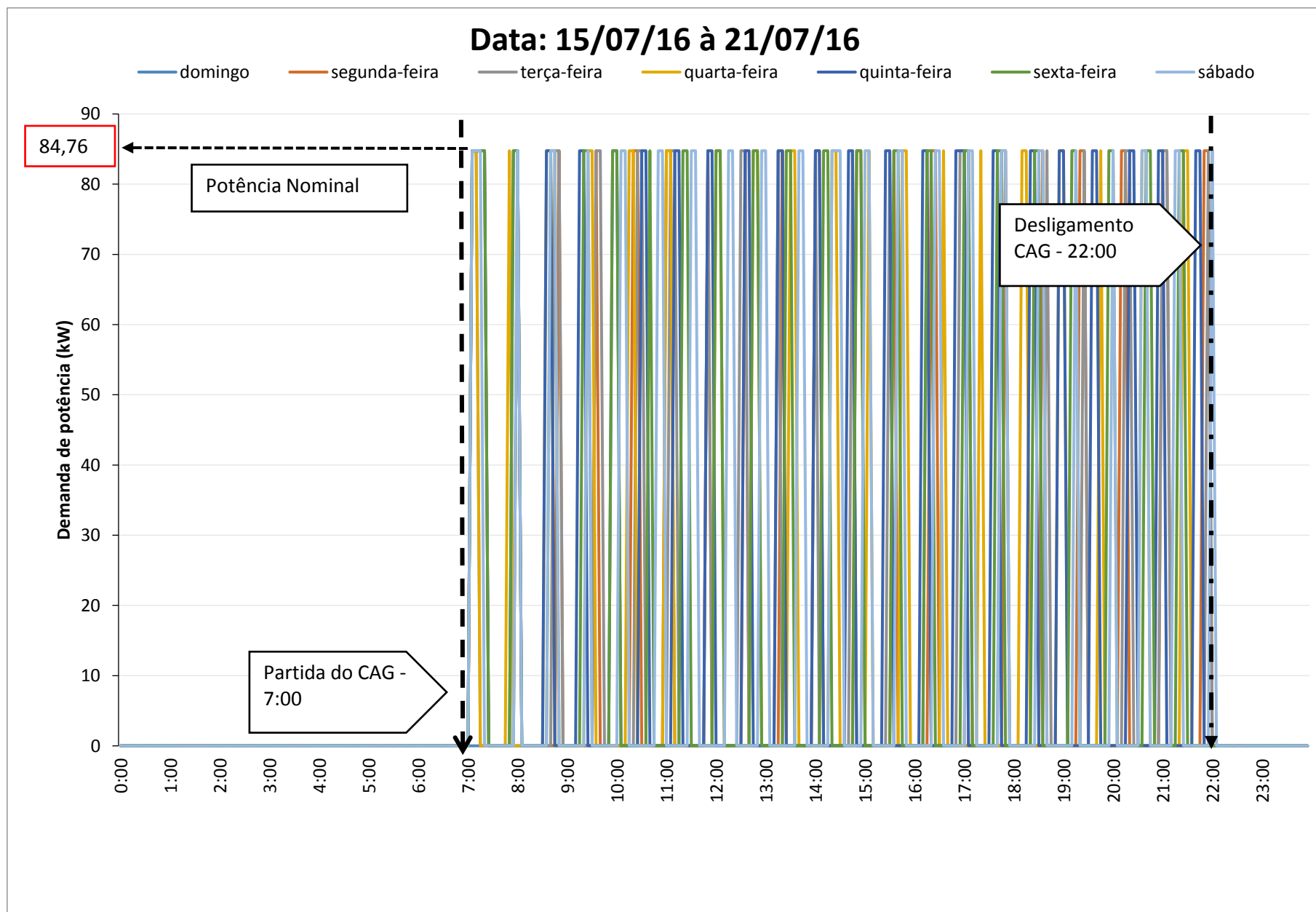
TOLEDO, Luis Marcio Arnaut de; LAMBERTS, Roberto. Uso final de energia elétrica em edifícios de escritórios de Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO

AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** . Salvador: Antac, 1997. p. 486 - 490.

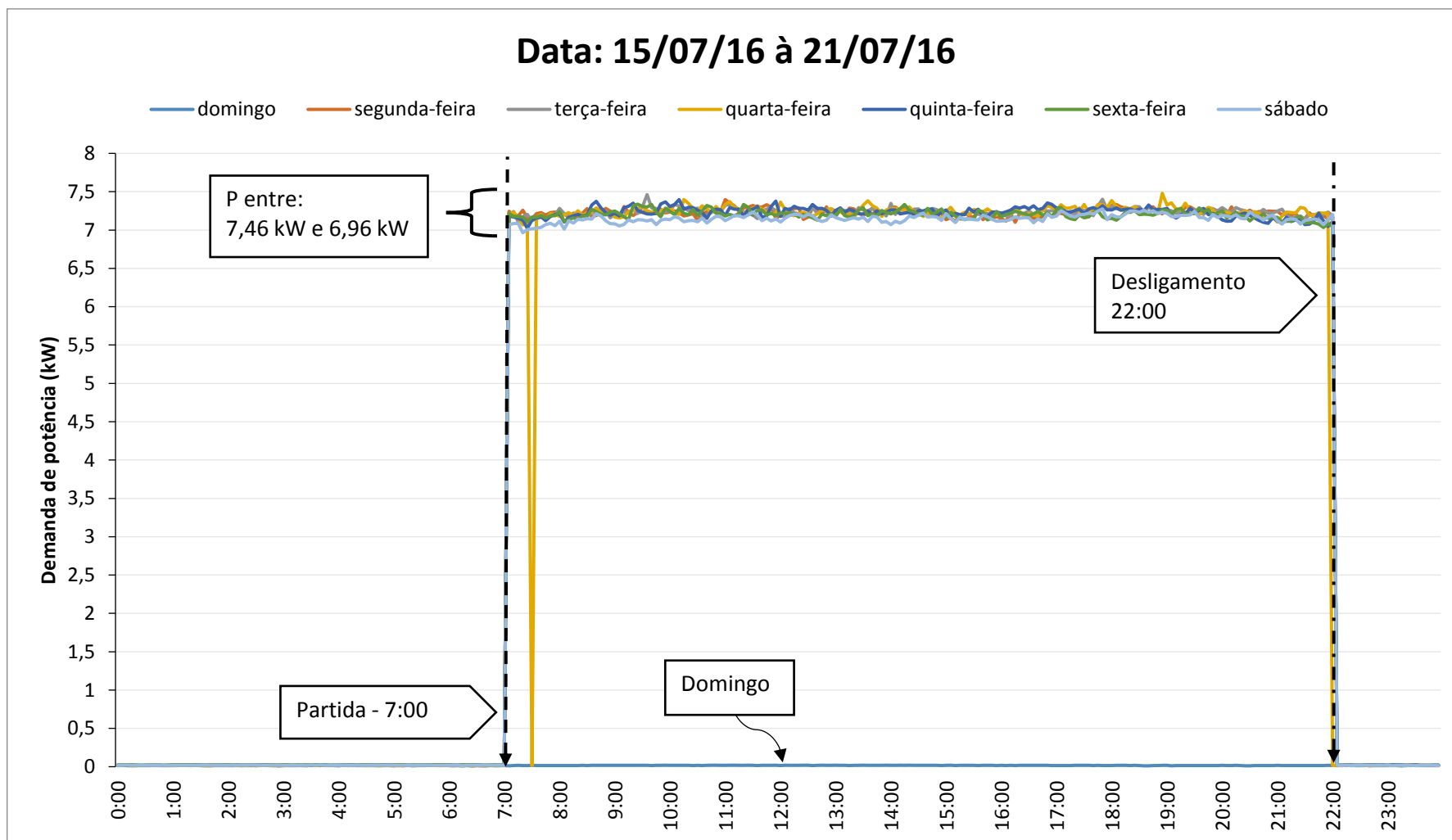
WESTPHAL, Fernando S. et al. Simulação energética do edifício sede da FIESC: Estudo de retrofit no sistema de iluminação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Antac, 1998. p. 429 - 437.

WESTPHAL, Fernando Simon. **Estudo de melhoria na eficiência energética de um edifício comercial**. 1999. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

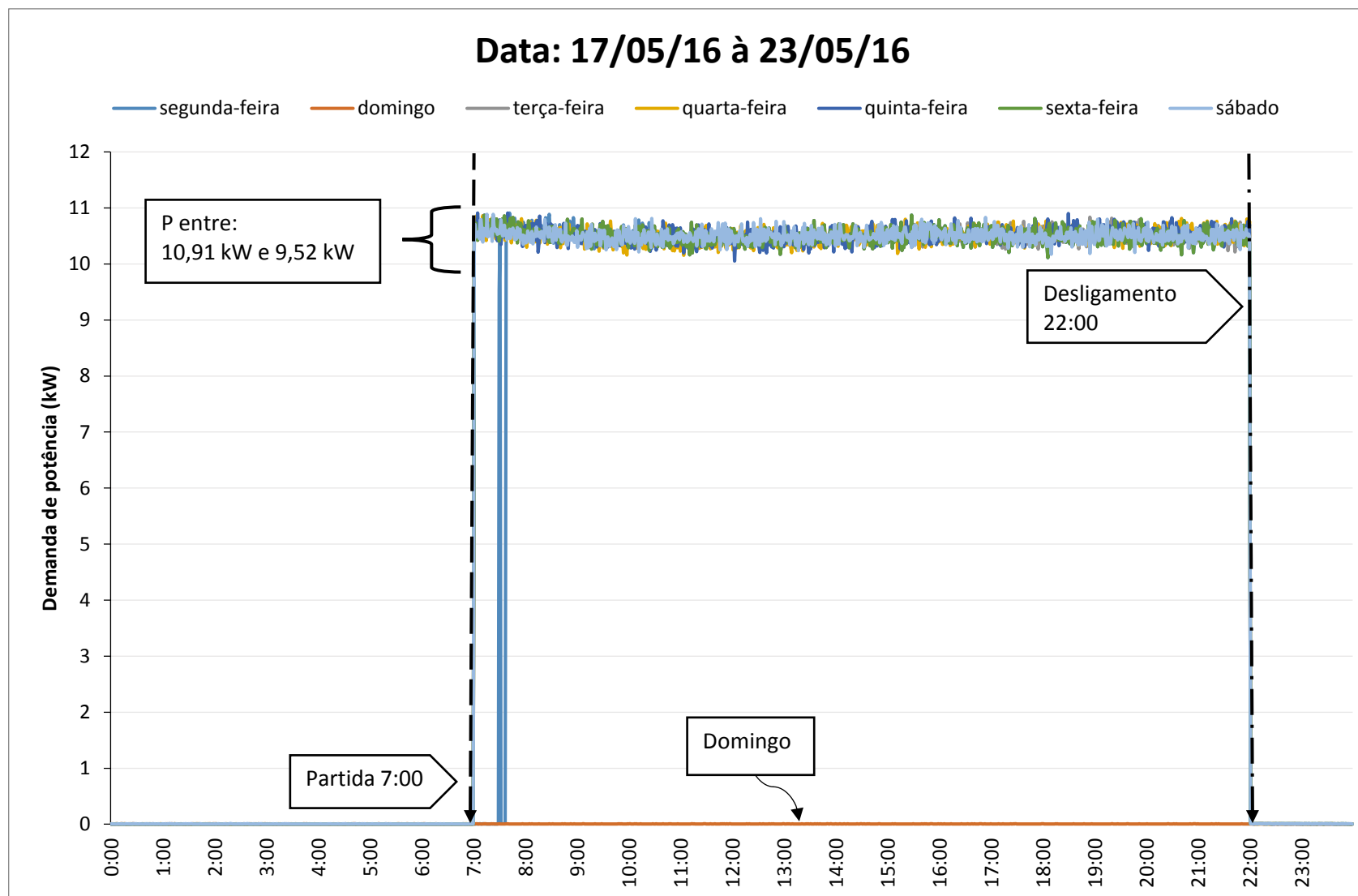
APÊNDICE A - CURVA DE CARGA DO CHILLER



APÊNDICE B - CURVA DE CARGA DA MOTO BOMBA



APÊNDICE C - CURVA DE CARGA DO EXAUSTOR TÉRREO



ANEXO 1 – TARIFAS CELESC AGOSTO 2015 /AGOSTO 2016

Tarifa Convencional - Grupo A e B (sem tributos)

Subgrupos	Classificação	Demanda R\$/Kw	Energia R\$/kWh
A3a	Todas as Classes	27,33	0,334230
A4	Todas as Classes	27,33	0,334230
B1	Residencial Normal	0,00	0,444360
	Residencial Baixa Renda até 30kWh	0,00	0,153454
	Residencial Baixa Renda de 31 a 100kWh	0,00	0,263064
	Residencial Baixa Renda de 101 a 220kWh	0,00	0,394596
	Residencial Baixa Renda acima de 220kWh	0,00	0,438440
B2	Rural, não cooperativa	0,00	0,297720
	Cooperativa de Eletrificação	0,00	0,297720
	Serviço Público de Irrigação	0,00	0,266610
B3	Água, Esgoto e Saneamento	0,00	0,377706
	Demais Classes	0,00	0,444360
B4a	Iluminação Pública - Rede de Distribuição	0,00	0,244390
B4b	Iluminação Pública - Bulbo da Lâmpada	0,00	0,266610

Tarifa Horária Azul (sem tributos)

Subgrupos	Classificação	Componentes	Demanda R\$/kW	Energia R\$/kWh
A1	Todas as Classes	Ponta	2,04	0,45597
		Fora Ponta	2,12	0,30846
A2	Todas as Classes	Ponta	7,48	0,45911
		Fora Ponta	2,98	0,31160
A3	Todas as Classes	Ponta	10,53	0,46418
		Fora Ponta	3,91	0,31667
A3a	Todas as Classes	Ponta	25,31	0,46944
		Fora Ponta	9,11	0,32193
A4	Todas as Classes	Ponta	25,31	0,46944
		Fora Ponta	9,11	0,32193

Tarifa Horária Verde (sem tributos)

Subgrupos	Classificação	Componentes	Demanda R\$/kW	Energia R\$/kWh
A3a	Todas as Classes	NA	9,11	0,00
		Ponta	0,00	1,08370
		Fora Ponta	0,00	0,32193
A4	Todas as Classes	NA	9,11	0,00
		Ponta	0,00	1,08370
		Fora Ponta	0,00	0,32193

Fonte: CELESC (2016)